

ピナツボ噴火と昭和基地の気候

金戸 進*

Eruption of Mt. Pinatubo and Climate of Syowa Station

Susumu KANETO*

Abstract: During the last year of the Antarctic Climate Research (ACR) period, two large volcanos erupted. In June 1991, the volcano Pinatubo in the Philippines Islands (15°N, 120°E) erupted and injected a large volcanic cloud in to the lower and middle stratosphere. In August 1991, Mt. Hudson in southern Chile (46°S, 73°W) erupted; its volcanic cloud reached to 18 km. From NOAA/AVHRR data, within 1991, the volcanic aerosol of Pinatubo dispersed mainly in tropical latitudes and that of Hudson spread in the area south of 40°S. The eruption effects are investigated here by comparing meteorological observation results at Syowa Station (69°S, 39°E) with global analyses. The optical observations which measure direct effects of eruption materials, show a large effect from late 1991. Abnormal deviations were detected in surface temperature and total ozone amount but the occurrence is retarded relative to global average occurrence. Effects on stratospheric temperature were not detected.

要旨: 南極域における気候変動に関する総合研究 (ACR) 期間の最終年である 1991 年は、6 月にフィリピンのピナツボ火山が、8 月にはチリのハドソン火山の噴火がおき、大量の噴出物が成層圏にまで到達して気候システムは大きな影響を受けた。昭和基地で行われた観測結果を全球などの観測結果と比較して、この影響がどのようなものであったかを見た。噴煙の直接的な影響を受ける混濁度観測や日射観測では 1991 年末から影響が見られた。しかし、気温やオゾン全量など大循環の結果のような間接的な要素では、影響がはっきりしなかったり (成層圏気温)、影響と思われる偏差が見られたものの発現時期に全球とのズレが考えられるもの (地上気温やオゾン全量) があった。

1. ACR 期間中の火山活動

火山活動の気候システムへの影響は古くから指摘されている。ACR 期間中もピナツボを初めとする多くの火山活動があった (表 1, 気象庁編, 1994)。火山活動のうち気候システムに関連する要素としては噴煙の高さが成層圏に達したかどうか、噴出物の量や化学組成などがあげられている。1991 年 6 月のピナツボ火山の噴火はその規模としては今世紀最大級と言われており、全球的な影響があったと見られている。南半球では 1991 年 8 月のチリ南部ハドソン火

* 気象庁. Japan Meteorological Agency, 3-4, Otemachi 1-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100.

表1 ACR 期間中の主な噴火 (1987-1991)
Table 1. Volcanic eruptions within the ACR period (1987-1991).

| 年 月 | 火 山 | 噴煙高度 | 噴出物量 |
|----------------------|----------------|-------|----------|
| 1988 年 5 月 | バンダアピ (インドネシア) | 16 km | |
| 1988 年 12 月-89 年 1 月 | ロンキマイ (チリ) | 9 km | |
| 1989 年 12 月-90 年 5 月 | リダウト (アラスカ) | 15 km | |
| 1990 年 2 月 | ケルート (インドネシア) | 12 km | |
| 1990 年 2 月 | ラスカール (チリ) | 14 km | |
| 1991 年 1 月 | ヘクラ (アイスランド) | 12 km | |
| 1991 年 6 月 | ピナツボ (フィリピン) | 30 km | 100 億トン |
| 1991 年 8 月 | ハドソン (チリ) | 18 km | 数 10 億トン |

山の噴火による影響も大きかったと考えられている。

これらの噴火の影響は様々な観測結果から全球的に検出されている (気象庁編, 1994)。ここでは、昭和基地での各種観測結果をこれと対比させて、ピナツボ噴火の影響を見ていく。

2. 昭和基地での大気混濁度の観測結果

昭和基地での大気混濁度の観測は、1966 年からの直達日射計によるものと、サンフォトメータによる 1980 年と 1984 年の研究観測および 1985 年からの連続観測がある。このほか、全天日射観測は 1966 年から、散乱日射観測は 1991 年から継続されている。サンフォトメータ観測開始の 1980 年以降で全球的に噴出物が拡散したとされる火山噴火は 2 回あった (1982 年 4 月: エル・チチョン, 1991 年 6 月: ピナツボ)。図 1 にサンフォトメータ観測による各波長における混濁度 (エアロゾルの光学的厚さ) の経年変化を示す。昭和基地上空での 368 nm の混濁度は、ピナツボ・ハドソン噴火直後急激に増加し、平常時の 0.05 程度から 1991 年 10 月には平常時の 6 倍の 0.3 以上にも達した。その後 1992 年 1 月には 3 倍程度まで減少したが、8 月にはやや増加し、1993 年にかけてゆっくり減少した後、1995 年にはほぼ平常値に戻ったと見られる。一方、862 nm では、1991 年のピークははっきりせず、1993 年前半にかけて 0.1 前後で平常時の 10 倍程度の増加を継続したのち減少に移っているが、1995 年でもまだ平常時よりは高い値となっている。衛星観測 (NOAA/CAC, 1991; HERBER *et al.*, 1996) では 1991 年末時点ではピナツボ噴火の影響は南緯 20 度程度までとされており、南緯 40 度以南の高い混濁度はハドソン噴火の影響とされている。これは南極観測船「しらせ」船上での、1991 年 11 月から 12 月の東京～昭和基地間のサンフォトメータ観測結果 (KANETO *et al.*, 1994) と一致する。従って、昭和基地で観測された 1991 年の短波長でのピークはハドソン噴火の影響と考えられる。一方、1992 年から 1993 年にかけての全波長での継続的な混濁度の増加は、ピナツボ噴火の全球的な拡散に伴ったものと考えられる。

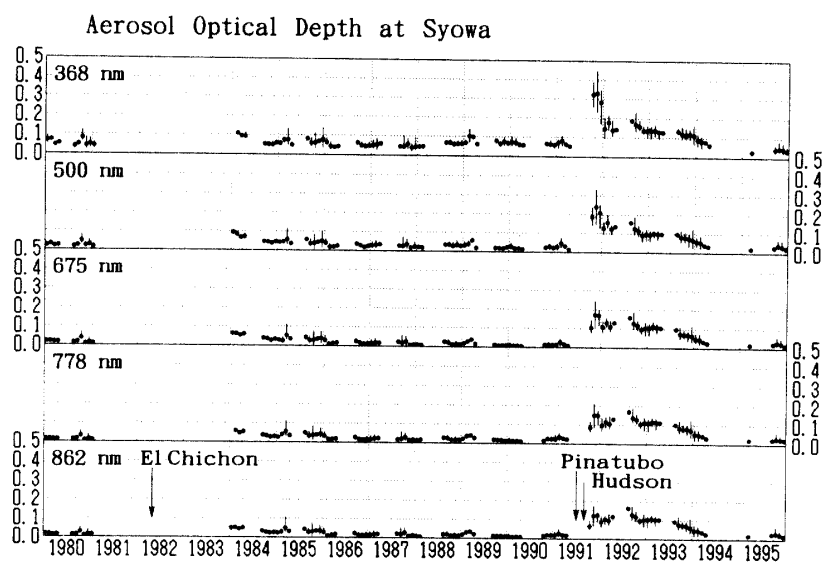


図1 昭和基地上空の大気混濁度の経年変化 (各波長でのエアロゾルの光学的厚さ)。月平均 (●) と最大・最小値 (|) で示す。

Fig. 1. Atmospheric turbidity (aerosol optical depth at each wavelength) at Syowa Station, monthly mean (circle) and maximum-minimum range (bar).

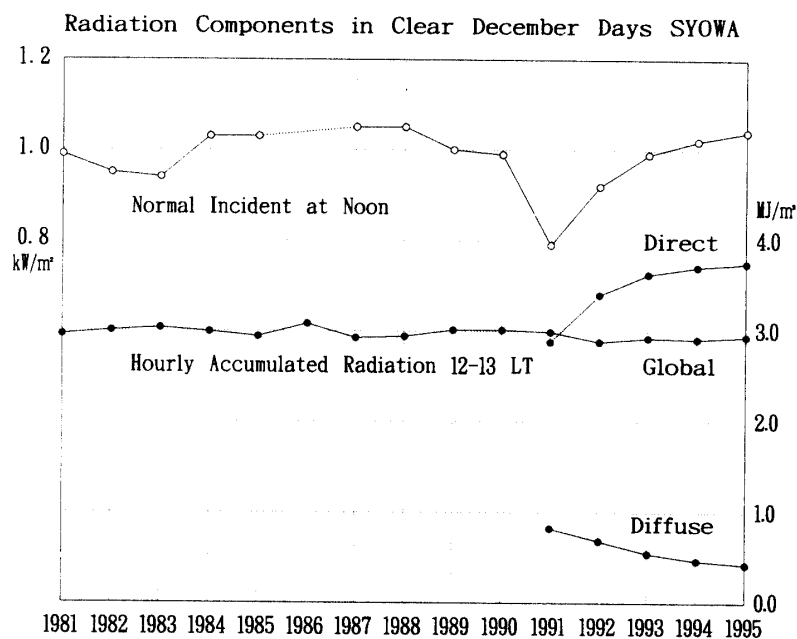


図2 昭和基地の日射要素の経年変化 (12月の晴天日、北中時の直達日射強度および12-13時積算の各日射成分)

Fig. 2. Yearly variation of radiation components of clear December days at Syowa, normal incident radiation at noon, and accumulated direct, global and diffuse radiations between 12 and 13 LT.

図2には、日射要素の観測結果を示す。12月の晴天日の太陽北中時の直達日射強度の観測結果では、1982年のエル・チヨン噴火後は顕著な減少が見られなかったが、1991年12月には平常時の80%程度にまで減少した。一方、散乱日射の日中の1時間積算量は、1991年からの観測なので平常時の値がまだ定まらないが、平常時にかなり近づいた1995年の値と比べると2倍程度の増加を示している。これらの変動はつくばにおける観測結果(気象庁編, 1994)とほぼ等しく、ピナツボ・ハドソン噴火の影響の大きさを示している。なお、全天日射量はこの期間中、年々変動の範囲程度の変動しか現れていない。

3. 昭和基地の気象観測結果

火山噴火の影響は直接的には、大気混濁による日射強度の変動を引き起こすが、さらに成層圏大気を加熱(散乱吸収による)、対流圏大気を冷却(日傘効果による)し、気候システムの変動をもたらすと考えられている。

ピナツボ噴火前後の大気循環の解析から、全球的に見ると成層圏の昇温はピナツボ噴火直後に始まり、約6カ月後に最大になっており、対流圏の降温も噴火直後から見られ2年後まで継

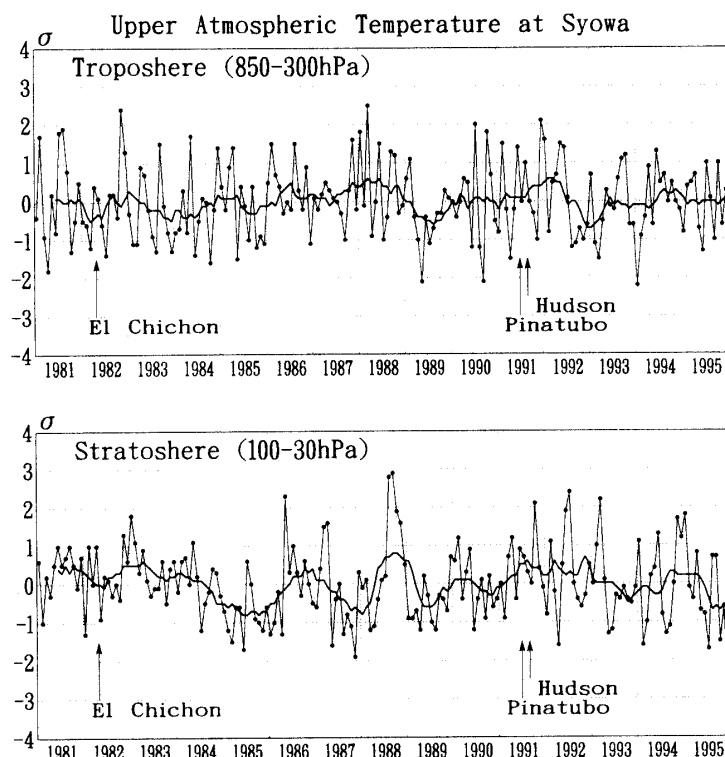


図3 昭和基地の上層気温の経年変化(月別平年偏差を標準偏差で規格化して、月別値と移動平均を示す)。(上)対流圏、(下)成層圏。

Fig. 3. Yearly variation of atmospheric temperature over Syowa Station, upper: troposphere, lower: stratosphere, shown in monthly normalized deviation from mean value. The thick curve is a running mean averaged over 9 months.

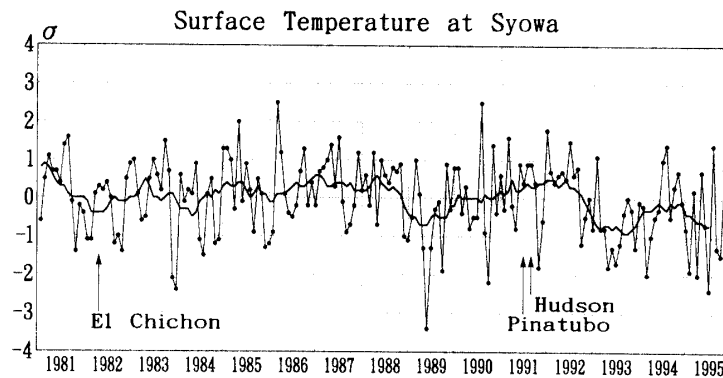


図4 昭和基地の地上気温の経年変化 (規格化偏差で、月別値と移動平均を示す)

Fig. 4. Yearly variation of surface temperature at Syowa Station, shown on a normalized scale as in Fig. 3. The thick curve is a running mean.

続したと見られている。さらに、地上気温についてはエルニーニョ現象の中での降温が1992年に見られるなど、ピナツボ噴火の影響の大きさがうかがえる (気象庁編, 1994)。

昭和基地での1981年以降の上層気温の経過を、成層圏と対流圏別に月別の標準偏差で規格化して、図3に示した。全球的には噴火直後に昇温が見られた下部成層圏 (100–30 hPa) の気温は、昭和基地でははっきりせず、また、全球的には降温が見られた対流圏 (850–300 hPa) の気温は、昭和基地では噴火直後の1年間は昇温、その後の1年間は降温となった。さらに、1981年以降の昭和基地の地上気温の経過 (図4) で、ピナツボ噴火後の変動としては1993年の降温が顕著で、年平均気温は、1993年は -11.8°C と平年を 1.4°C も下回った。一方全球的には降温がみられた1992年の年平均気温は -9.9°C で平年を 0.5°C 上回った。1993年の昭和基地の地上気温の低下が火山噴火の影響であったとすると、全球に1年遅れて噴火後2年目に変動したことになる。

全球のオゾン全量の観測結果では、1992年後半から1993年にかけて、一般的な減少傾向を下

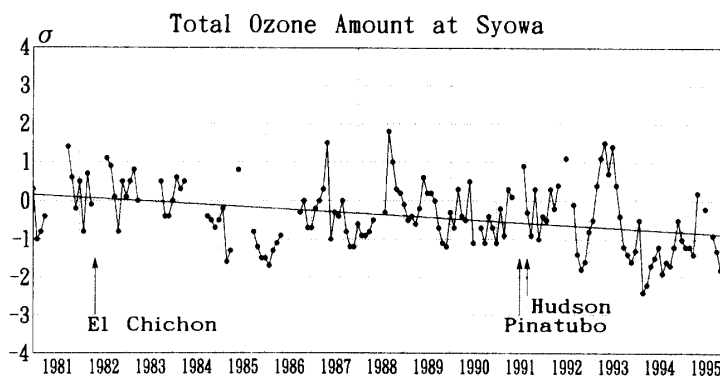


図5 昭和基地のオゾン全量の経年変化 (規格化偏差で、月別値と近似直線を示す)

Fig. 5. Yearly variation of total ozone amount at Syowa Station, shown on a normalized scale as in Fig. 3. The thin line is a linear fit.

回るオゾン全量の減少が見られた (気象庁編, 1995). 全球の成層圏気温は噴火直後は上昇したが, 1 年程度で元に戻ったと見られており, 1992 年後半からのオゾン全量の減少との関係ははっきりしない. オゾン全量は昭和基地でも一般的な減少傾向が見られるが (図 5), このなかで, 1993 年 2 月から 7 月までは平年値を大きく上回った後, 1994 年 2 月から 9 月に記録的な低オゾン全量を観測している. 昭和基地のオゾン全量の変動は成層圏気温の変動と対応する事が多く, 1988 年 8 月-9 月の突然昇温時にはオゾン全量の増加が見られた. しかし, 1993 年から 1994 年のオゾン全量の増減に対応した成層圏気温の変動は図 3 には見られず, この増減は成層圏の気温変動に対応したものではなく, 火山噴火の影響があった可能性がある.

大気混濁度や日射量の観測ではピナツボ・ハドソン噴火直後には, 昭和基地で北半球中緯度と同じ程度の影響が見られた. しかし, 気象観測結果では全球的な観測結果と異なって影響がはっきりしないケース, 遅れて出現したと考えられるケースなどがあった. これは高緯度にある昭和基地の特殊性や気候システムの複雑さなどによるものと考えられる.

文 献

- HERBER, A., THOMASON, L.W., DETHLOFF, K., VITERBO, P., RADIONOV, V.F. and LEITERER, U. (1996): Volcanic perturbation of the atmosphere in both polar region: 1991-1994. *J. Geophys. Res.*, **101**, 3921-3928.
- KANETO, S., KISHI, T. and Meteorological Staff of 33rd and 34th Japanese Antarctic Research Expeditions (1994): Aerosol optical depth observations by JARE-33 and JARE-34 in 1991 and 1992. *Proc. NIPR Symp. Polar Meteorol. Glaciol.*, **8**, 19-26.
- 気象庁編 (1994): 近年における世界の異常気象と気候変動～その実態と見通し～ (V). 東京.
- 気象庁編 (1995): オゾン層観測報告: 1994. 東京.
- NOAA/CAC (1991): Climate Diagnostic Bulletin, December 1991.

(1996 年 11 月 4 日受付; 1996 年 12 月 3 日改訂稿受理)